青枯病菌の各種作物根圏における動態と感染との関係

四方 久*

Hisashi SHIKATA : Behavior of *Pseudomonas solanacearum*
in the Rhizosphere of Various Crops and its Infection

Summary

To effectively select succeeding crops or rotation crops for controlling bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*, the behavior of *P. solanacearum* in the rhizospheres was investigated.

1) The concentration of the causal bacterium increased in the rhizospheres when solanaceous plants were infected. However, the concentration of the causal bacterium did not increase after cultivating sweetcorn, sorghum, wheat, soybean, cabbage, squash or watermelon. It is of particular interest that cultivation of soybean reduced the concentration of the causal bacterium to the point where it could not be detected.

2) Spinach was infected with *P. solanacearum*. The percentages of infection to spinach increased when the air temperature was high. Differences in the susceptibility of spinach to the strains of the causal bacterium could not be clearly determined but it was infected by all of them.

The effective selection of rotation crops to prevent bacterial wilt may be possible as a result of this study on the behavior of pathogenic bacterium in the rhizosphere.

結 言

青枯病はナスのほかトマト、ジャガイモなど多くの植物を侵す土壌伝染性の細菌病で、本病が一旦発生すると産地の壊滅につながる重要な病害である。本病の防除対策としては、卓効を示す農薬はなく、最も安定した実用技術として定着してきた抵抗性台木への接木法も、最近ではこれらを特異的に侵す青枯病菌の出現によって罹病化する事例が明らかにされてきた^{9,10)}。

このため青枯病の発生を抑制し、また汚染されたほ場においては積極的に菌密度の低減を図るための後作物や輪作作物の選定が一層重要視されている。そこでこの作物選定の適否を判断するための試験として、青枯病菌に汚染 (Ⅲ群菌、青枯病菌はナス属植物に対する病原性からⅠ～Ⅴ群に類別。尾崎ら, 1989) したほ場に数種の作物を栽培し、これらの根圏における青枯病菌の動態及び作物の感染率の調査を行った。

これらの試験において特にハウレンソウは青枯病菌

に感受性を示したので、作期を異にした場合の感染率と土壌中の菌密度の変動及び菌群 (株) による感染の差異等について調査した。それらの結果を合せて報告する。

本文に先立ち、本試験に用いた菌株を分譲していただいた中国農業試験場環境部 (元) 病害第 1 研究室並びに本稿の校閲をいただいた中国農業試験場畑地利用部小谷晃部長、同部畑土壌管理研究室伊藤秀文室長にそれぞれ感謝の意を表する。

材料及び方法

試験Ⅰ 作物根圏における青枯病菌の密度と感染

本試験に供試したナス青枯病菌汚染ほ場 (褐色低地土) はⅢ群菌 (CE 8323 菌株, 中国農試病害 1 研分譲株) によるものであり、汚染後 3 年を経過している。

供試作物とそれらの品種は第 1 表に示したように、一般に栽培され輪作にも使われている経済作物とナス科台木などである。それぞれの種子をランダムに配置

*中国農業試験場畑地利用部 Chugoku National Agricultural Experiment Station, Department of Upland Farming, Ayabe, Kyoto 623, Japan.

1991 年 3 月 22 日受理

第1表 供試作物と品種

作物	品 種
イネ科	スウィートコーン ソルガム 小麦
アブラナ科	キャベツ
マメ科	ダイズ
ウリ科	カボチャ スイカ
アカザ科	ハウレンソウ
ナス科	ナス " 台木用 " " 台木用 ピーマン トマト " 台木用 " "
	スカイライナー85 ラッキーソルゴー フクワセ 早秋 白獅子 えびす 三喜セブン サンシャイン チャンス 千両2号 ヒラナス トルバム・ビガー 京みどり サターン ヘルシー BF興津101

した区画(1 m²)に25~50粒を一斉に播種(5月6日)し、発芽するまでは寒冷紗で覆った。根系の採取は、それぞれ2区画から約15~20 cm程度に伸長した幼苗を丁寧に抜きとり、空中でやや強く振って余分の土壌を落とした後、400 mlの殺菌水中に20分間浸漬した。この操作により離れた土壌を非根圏(R₂)とし、根を取りのぞいて10分間振とうした。根は別の殺菌水中で10分間振とうして根圏(R₁)+根面(R₀)とした⁹⁾。これをそれぞれ第1次希釈液として、原・小野培地¹⁰⁾を用いて希釈平板法により乾土1 g当たりの生菌数を求めた。栽培した作物への青枯病菌の感染率は、播種後の生育をみながら適宜間引きを行い、一定期間中の生育苗に対する感染苗(萎凋、茎褐変、乳白汁、枯死)の割合で求めた。なお、ハウレンソウなど青枯病菌による感染の判別が難しいものについては、根部からの菌検出を行い確認した。即ち、70%アルコールで瞬間、2%アンチホルミン液で5分間表面殺菌後水洗、風乾してから地際部付近の最も太い部分の約2 cm片をアルミ箔を2つ折りにしてその中に挟み、ベンチバイス(長さ5 cm、幅1.3 cm)で圧搾して溢出した汁液を選択培地へ塗布し培養によって確認した(第1図)。

試験II 青枯病菌によるハウレンソウへの感染

①ほ場試験：試験Iと同様のほ場を用いて1988年に試験を実施した。ハウレンソウの播種は4~10月(但し8月は除く)まで約10日間隔で12回行った。春まきは「品種：サンシャイン」秋まきは「チャンス」をそれぞれ用いて1区画(7.5 m²)に二条播種した。栽

第1図 ハウレンソウ根の圧搾汁液からの青枯病菌出現状態⁹⁾

⁹⁾培地表面からみたもの：左ペトリ皿の左、右ペトリ皿の右が青枯病菌

培したハウレンソウは収穫前にランダムサンプリングして、根部内への青枯病菌の感染率を試験Iと同様の方法で調べた。

②接種試験：ナス属植物に対する病原性から類別したI~V群菌(中国農試病害1研から分譲)をPPG培地⁹⁾で培養し、6 cmポットの殺菌土に栽培したハウレンソウに接種した。6~7日後の根部内への青枯病菌の感染率を同様の方法で調べた。

結 果

試験I 作物根圏における青枯病菌の密度と感染

栽培した作物の根圏における青枯病菌密度は第2表に示した通りである。ナス科のナス、ピーマン、トマトとその台木及びハウレンソウの根圏の青枯病菌密度は極めて高い傾向にあり、また根部への感染率も高かった。但し、「トルバム・ビガー」はIII群菌には抵抗性であると報告されているが(尾崎, 1986)、本試験でも感染率は低率であった。一方、播種後53日目における「トルバム・ビガー」の根圏の菌密度は極めて高かったが81日目の調査では検出されなかった。なお、ハウレンソウは青枯病菌に感受性であることがすでに確認されており¹³⁾、感染率及び根圏の菌密度はともに高かった。一方、作付けしても青枯病菌の密度を高めない作物としてはスウィートコーン、ソルガム、小麦、キャベツ、カボチャ、スイカが挙げられるが、これらの根圏土壌(R₁+R₀)中の青枯病菌密度と無作付土壌中の菌密度とは比較的近似していたことから、根圏土壌中の菌密度低減効果は弱いと推定された。しかし、ダイズでは根圏域からは青枯病菌が全く検出されなくな

第2表 各種作物の根圏における青枯病菌密度(1988)^{a)}

作物	6月10日調査		7月8日		8月5日		感染率 (%)
	R ₂	R ₁ +R ₀	R ₂	R ₁ +R ₀	R ₂	R ₁ +R ₀	
ダイズ	8.2×10 ⁴	—	—	—	—	—	0
スイートコーン	—	—	7.1×10 ⁴	1.8×10 ³	8.1×10 ⁴	—	0
ソルガム	3.6×10 ³	1.2×10 ²	2.0×10 ⁴	1.0×10 ⁴	2.7×10 ⁴	1.7×10 ⁴	0
小麦	1.6×10 ⁴	3.8×10 ²	—	—	—	—	0
キャベツ	3.9×10 ⁵	8.2×10 ³	1.2×10 ⁵	—	1.8×10 ⁵	1.1×10 ⁵	0
カボチャ	5.0×10 ⁴	7.9×10 ³	—	—	1.2×10 ⁵	—	0
スイカ	4.0×10 ⁴	3.9×10 ³	—	—	1.0×10 ⁴	2.1×10 ⁴	0
ハウレンソウ	3.1×10 ⁷	2.0×10 ⁷	1.7×10 ⁶	4.4×10 ⁴	—	—	42.7
ナス	—	—	2.0×10 ⁷	3.1×10 ⁶	2.7×10 ⁷	1.4×10 ⁷	58.0
〃 台木用アカナス	—	—	5.8×10 ⁷	1.3×10 ⁷	2.7×10 ⁷	3.7×10 ⁶	57.5
〃 ドルバムビガー	—	—	5.0×10 ⁷	1.0×10 ⁷	1.4×10 ⁵	—	1.2
ピーマン	—	—	1.7×10 ⁷	8.0×10 ⁶	5.3×10 ⁵	1.2×10 ⁷	16.2
トマト	2.4×10 ⁷	8.3×10 ⁶	—	—	—	—	100
〃 台木用ヘルシー	2.9×10 ⁷	5.2×10 ⁶	—	—	—	—	100
〃 BF 興津 101	2.8×10 ⁷	4.3×10 ⁷	1.1×10 ⁸	5.8×10 ⁷	4.4×10 ⁷	8.4×10 ⁶	60.7
無作付土壌	5.3×10 ⁴	—	1.3×10 ⁵	—	1.4×10 ⁵	—	—

^{a)} 一印は調査したが未検出、空欄は未調査、2連制平均; R₂: 非根回土壌、R₁+R₀: 根圏+根面; 汚染ほ場(Ⅲ群菌、1984年より汚染)

り、ダイズは青枯病菌密度を減少させる積極的な効果があるものと推察された。

試験Ⅱ ナス青枯病菌のハウレンソウへの感染

①ほ場試験

ハウレンソウの播種月日とハウレンソウへの青枯病菌の感染率は第3表に示したように、春まきで高く、

第3表 ハウレンソウ根部からのナス青枯病菌の検出(1988)^{a)}

播種月日	調査月日	調査株数	菌検出数	同左検出率
4月20日	5月24日	100	4	4(%)
28日	6月6日	102	53	52
5月10日	6月21日	62	50	80
20日	7月4日	110	31	28
30日	7月13日	106	74	70
6月8日	7月25日	60	27	45
9月2日	10月8日	56	7	12.5
9日	10月21日	60	0	0
20日	11月10日	60	1	1.7
29日	11月28日	25	0	0
10月14日	12月22日	100	0	0
21日	12月23日	116	0	0

^{a)} ハウレンソウへの感染の有無は外部病徴から判定することが困難なので採取した根を表面殺菌後風乾し、圧搾して溢出した汁液を選択培地へ塗布し培養によって確認した。

特に5月10日まきでは80%の高い検出率であった。しかし、5月20日まきでは28%とやや低い場合もあり、その差は何に起因するかは明らかでない。また、これらの土壌中の病原菌密度は第2図に示したよう

第2図 ハウレンソウを栽培した土壌中の青枯病菌数(収穫時)(1988)

第3図 ほ場におけるハウレンソウの青枯病菌感染による萎凋症状(中央の株)

に、気温の上昇とともに6月下旬～7月下旬に著しく高くなっていた。秋まきでは土壤中の菌密度は低くなり、ハウレンソウからの青枯病菌の検出は低率または検出されなかった。ハウレンソウの病徴は、いわゆる青枯症状を呈して急性的に萎凋するものは極めて少なかったが(第3図)、生育不良株や萎凋病との併発株にそれらが見られ、根は黒変軟化(第4図)し、また根を圧すると乳白汁が認められるものがあった。しかし、青枯病菌が検出された根でも外観は正常に見えるものが多かった。

第4図 青枯病菌によるハウレンソウ根部の黒変軟化

②接種試験

接種試験の結果は第4表に示したように、菌群(株)間の感染性の差異は判然としなかったが、いずれの菌

第4表 各菌群のハウレンソウに対する感染率(%)
(1988～89)

接種月日	供試株数	菌 群 ^{a)}					接種温度
		I	II	III	IV	V	
1* ^{b)} (6/10)	10	70	0	10	30	10	26℃
2* (6/10)	10	70	20	0	50	20	26℃
3 (8/5)	12	75	42	75	67	92	23～32℃
4 (8/11)	7	0	71	57	29	29	26℃
5 (9/11)	8	63	0	38	63	38	28℃
6 (9/11)	8	13	88	0	0	0	18℃
7* (12/5)	6	67	67	100	100	83	25℃
8 (2/18)	8	88	50	75	0	0	25℃

^{a)} 供試菌株 I (CE8258), II (CE8215), III (CE8323), IV (CE8224), V (CE8109)

^{b)} *印は有傷接種

第5図 青枯病菌の有傷接種によるハウレンソウの発病株(接種後6日)

株もハウレンソウへの感染が認められた。地上部は萎凋症状を呈し、根部は黒変軟化(第5図)するものもあるが、外観上健全な根部からも青枯病菌が検出された。なお罹病したハウレンソウからの再分離菌の接種試験においても病原性が確認された。

考 察

ナス科作物の根が土壤中に伸びると、周辺の青枯病菌は土壤中を泳動して根の周辺に集まるいわゆる「い集」とよばれる現象があり、そして増殖するが、非寄主作物では増殖できないと言われている^{2,5)}。

本試験では、無作付土壤中の青枯病菌密度に対する根圏(R_1+R_0)の菌密度の比が1か、1以下の場合、作付しても青枯病菌の密度を高めない作物と想定した。青枯病菌の密度を高めない作物としてスイートコーン、ソルガム、小麦、キャベツ、ダイズ、カボチャ、スイカなどが該当した。特にダイズの根圏域からは青枯病菌が検出されなくなることから、積極的な菌密度の低減効果があるものと推定された。ダイズの根圏で青枯病菌が生息し難いことは直ちに防除面に応用出来るものと思われ、ダイズを取入れた効果的な栽培法の検討により本病菌密度を低減する効果が期待される。

向(1951)は、トマトの前作にマメ科作物を栽培して根りゅう菌による本病菌の発育を阻止する方法は相当有効であると述べており、また Smith(1939)はササゲ、ダイズを、Garner, Wolf 及び Moss(1917)はササゲ、中田(1934)はダイズ等の栽培により青枯病

の発生が減少することを認めている。

なお、ダイズは青枯病菌の寄主作物に挙げられ^{3,7)}、また罹病例も報告されているが¹²⁾、ダイズの品種と本病菌の多くの系統との相互関係については詳細な調査が必要である。四方ら（未発表）は水耕栽培（三角コルベン）したダイズ（品種：白獅子）を断根して青枯病菌を接種したが発病は認められず、むしろ水耕液中の菌密度が低下することから、ダイズ作付の効果は根りゅう菌よりもダイズの根の影響によると考えられる。現在その機構の解明を進めている。

次に、青枯病菌のハウレンソウへの感染は、特に春～初夏まき栽培で高かったことから、汚染ほ場ではこれらの時期の作付けを避けることが必要である。青枯病菌はハウレンソウの根では増殖できないと言われており^{2,5)}、またこれまで汚染ほ場での栽培事例もないように思われる。しかし、本試験の結果から、後作物や輪作作物としてのハウレンソウの栽培は作期によっては汚染が一層進行する恐れがあるので注意することが肝要であろう。各菌群（株）のハウレンソウへの接種試験において、感染率に変動がみられたことは病原性の違いか、あるいは温度、用土、培養菌及び植物体の僅かの条件の差異が影響したのか明らかでない。尾崎（1986）によるとタバコには病原性を有するが判別ナス属植物に病原性を示さない菌株も確認されているので、さらに多くの菌系を供試してハウレンソウへの病原性を調査する必要がある。また、ハウレンソウの品種の感受性の差異についても究明が必要であろう。

摘 要

青枯病の防除対策として本病菌密度を積極的に低減させる後作物や輪作作物の選定のために、各種作物の根圏における青枯病菌の動態と感染について調査をした。

1. ナス科作物の根圏の青枯病菌密度及び作物体への感染率はいずれも高いが、スイートコーン、ソルガム、小麦、キャベツ、カボチャ、スイカなどは作付け

しても青枯病菌密度を高めず、特にダイズはそれらを積極的に低減する効果が認められた。

2. 供試したハウレンソウは青枯病菌に感受性であることが確認され、春まきは秋まきに比較して高い感染率を示した。また、菌群（株）間の感受性の差異は判然としなかったが、供試したいずれの菌群もハウレンソウへの感染が認められた。

以上の結果から、作物根圏における青枯病菌の動態を調べることにより、青枯病に対抗的な作物の積極的な選出が可能になると考えられた。

引 用 文 献

- 1) 原 秀紀・小野邦明 (1984) 植物防疫 38 (2): 76~79.
- 2) 木曾 皓 (1986) 野菜の病害防除. タキイ種苗 K.K. 京都. pp. 79.
- 3) 河合一郎 (1961) 作物病害編. 養賢堂. 東京. pp. 397~398.
- 4) 向 秀夫 (1951) 農業及園芸 26 (1): 95~98.
- 5) 松田 明 (1977) 野菜の土壤病害. 農山漁村文化協会. 東京. pp. 274~277.
- 6) 松口龍彦 (1975) 土壤微生物実験法. 養賢堂. 東京. pp. 373~394.
- 7) 中田覚五郎 (1934) 作物病害図鑑. 養賢堂. 東京. pp. 547~573.
- 8) 西山幸司 (1978) 植物防疫 32 (7): 17~22.
- 9) 尾崎克巳 (1986) 研究会資料. 中国農業試験場編: 32~51.
- 10) 尾崎克巳 (1990) 植物防疫 44 (7): 1~4.
- 11) 尾崎克巳・木村俊彦 (1989) 中国農研報 4: 103~117.
- 12) Sinclair, J. B. and Shurtleff, M. C. (1975) Compendium of soybean diseases. Amer. Phytopath. Soc., St. Paul. MN. pp. 41.
- 13) 四方 久 (1989) 関西病虫研報 31: 82. (講要)